

17-18

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Тепловые энергетические установки»



УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор

*[Handwritten signature]*

И.В. Макурин  
01 2018г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Техническая термодинамика»  
основной профессиональной образовательной программы  
подготовки бакалавров по направлению  
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
профиль «Тепловые электрические станции»

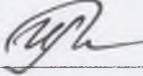
Форма обучения                      Очная  
Технология обучения                Традиционная

Автор рабочей программы  
к.т.н., доцент

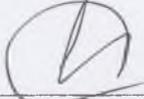
  
« 23 » 03 2017 г.

СОГЛАСОВАНО

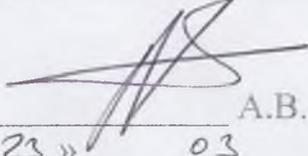
Директор библиотеки

  
« 24 » 03 2017 г.

Заведующий выпускающей кафедрой  
«Тепловые энергетические установки»

  
« 23 » 03 2017 г.

Декан факультета энергетике,  
транспорта и морских технологий

  
« 23 » 03 2017 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
« 24 » 03 2017 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Техническая термодинамика» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.10.2015 № 1081, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Техническая термодинамика							
Цель дисциплины	Сформировать у студента теоретическую и практическую базу для проведения теплотехнических расчетов теплоэнергетического оборудования и оценки его термодинамической эффективности							
Задачи дисциплины	<p>В результате изучения дисциплины студент должен:</p> <p><i>знать</i>: основные законы и фундаментальные принципы технической термодинамики, свойства и процессы изменения состояний рабочих тел, принципы преобразования энергии в тепловых и холодильных машинах, термодинамические циклы, методы расчета термодинамических свойств веществ, схемы и циклы тепловых и холодильных машин, характеристики циклов, пути повышения эффективности работы тепловых и холодильных машин;</p> <p><i>уметь</i>: определять параметры рабочих тел, характеристики термодинамических процессов и циклов, проводить анализ теплоэкономических показателей работы теплоэнергетических установок при изменении определяющих параметров;</p> <p><i>владеть навыками</i>: выполнения термодинамических расчетов изменения состояния рабочих тел, определения характеристик термодинамических циклов и показателей тепловой экономичности тепловых машин и холодильных установок.</p>							
Основные разделы дисциплины	<p>Термодинамическая система, ее состояние и характеристики.</p> <p>Энергетические характеристики термодинамических систем.</p> <p>Термодинамические процессы и циклы.</p> <p>Реальные газы и пары. Водяной пар.</p> <p>Течение газов и паров.</p> <p>Циклы паротурбинных установок.</p> <p>Циклы газотурбинных установок.</p> <p>Циклы двигателей внутреннего сгорания.</p> <p>Комбинированные циклы теплоэнергетических установок.</p> <p>Машины для сжатия и расширения газа.</p> <p>Циклы холодильных установок и тепловых насосов.</p>							
Общая трудоемкость дисциплины	12з.е. / 432 академических часа							
		Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
	Семестр	Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	4 семестр	51	34	17	-	114	-	216
	5 семестр	51	51	-	-	78	36	216
	ИТОГО:	102	85	17	-	156	72	432

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2)	З-4 (ОПК-2-4): основные законы и фундаментальные принципы технической термодинамики, свойства и процессы изменения состояний рабочих тел, принципы преобразования энергии в тепловых и холодильных машинах, термодинамические циклы, методы расчета термодинамических свойств веществ; З-3 (ОПК-2-5): схемы и циклы тепловых и холодильных машин, характеристики циклов, пути повышения эффективности работы тепловых и холодильных машин.	У-4 (ОПК-2-4): определение параметров рабочих тел, характеристик термодинамических процессов и циклов; У-3 (ОПК-2-5): анализ теплоэкономических показателей работы теплоэнергетических установок при изменении определяющих параметров.	Н-4 (ОПК-2-4): выполнение термодинамических расчетов изменения состояния рабочих тел; Н-3 (ОПК-2-5): определение характеристик термодинамических циклов и показателей тепловой экономичности тепловых машин и холодильных установок.

## 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина (модуль) «Техническая термодинамика» изучается на 2 и 3 курсах в 4-5 семестрах, входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции «Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2)», в

процессе изучения дисциплин «Математика», «Физика», «Химия».

Дисциплина является основой для изучения блока профессиональных дисциплин: «Котельные установки и парогенераторы», «Турбины тепловых и атомных электростанций», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», «Тепловые и атомные электрические станции».

Входной контроль не проводится.

#### **4 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 академических часа.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	432
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	102
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	102
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	192
Промежуточная аттестация обучающихся	36

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)  
с указанием отведенного на них количества академических часов  
и видов учебных занятий**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Раздел 1 Общая техническая термодинамика</b>					
<b>Тема</b> Введение: <i>основное содержание и структура курса, рекомендуемая литература, исторические сведения.</i>	Лекция	2	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Термодинамическая система, ее состояние и характеристики: <i>основные понятия и определения: термодинамическая система гомогенная и гетерогенная, термоизолированная и термомеханическая, закрытая и открытая; рабочее тело, термодинамическое состояние; термодинамический процесс – равновесный и неравновесный; внешние и внутренние параметры состояния, термические параметры состояния, идеальный газ; уравнение состояния идеального газа; газовая и универсальная газовые постоянные; газовые смеси.</i>	Лекция	6	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Энергетические характеристики термодинамических систем: <i>виды энергии и их особенности; внутренняя энергия, теплота и работа; диаграмма p-v, графическое изображение работы; энтальпия; теплоемкость и ее виды, теплоемкость газовых смесей.</i>	Лекция	6	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Основные термодинамические законы: <i>первый закон термодинамики; уравнение первого закона термодинамики и его анализ; второй закон термодинамики и его основ-</i>	Лекция	3	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>ные положения.</i>					
<b>Тема</b> Термодинамические процессы с идеальным газом: <i>равновесные термодинамические процессы и их обратимость; основные термодинамические процессы с идеальным газом, исследование этих процессов, политропные процессы, характеристики политропных процессов в зависимости от значения показателя политропы.</i>	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Энтропия. Изменение энтропии в процессах. Диаграмма T-s: <i>энтропия и ее основные свойства; изменение энтропии в термодинамических процессах, диаграмма T-s и ее основные свойства, основные термодинамические процессы с идеальным газом в T-s диаграмме.</i>	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Круговые процессы или циклы. Цикл Карно: <i>круговые процессы или циклы, прямые и обратные циклы; понятие о термодинамическом цикле тепловых машин; термический КПД цикла; идеальный цикл Карно и его значение в теплотехнике.</i>	Лекция	6	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Реальные газы и пары. Водяной пар: <i>реальные газы, их особенности и отличия от идеальных газов; уравнения состояния реальных газов; уравнение Ван-дер-Ваальса; пары, водяной пар, основные понятия и определения; изменение агрегатного состояния вещества; процесс парообразования, диаграмма p-v для водяного пара; критические параметры водяного пара; теплота, энтальпия и эн-</i>	Лекция	9	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>тропия жидкости; внутренняя, внешняя и полная теплота парообразования; энтальпия и энтропия насыщенного пара; диаграмма T-s для водяного пара; теплота, энтальпия и энтропия перегретого пара; диаграмма i-S для водяного пара; основные термодинамические процессы с водяным паром и диаграммах p-v, T-s, i-s; таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.</i>					
<b>Тема</b> Влажный воздух: <i>влажный воздух, основные понятия и определения; параметры влажного воздуха; I-d диаграмма влажного воздуха.</i>	Лекция	3	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Течение газов и паров: <i>истечение газов и паров, основные допущения при термодинамическом исследовании потока газа или пара; уравнение неразрывности струи; уравнение первого закона термодинамики для потока газа; сопла и диффузоры; адиабатное истечение без потерь через суживающие сопла располагаемая работа, скорость истечения и расход газа, критические параметры истечения; зависимость профиля канала от скорости при адиабатном истечении; определение скорости истечения водяного пара по i-s диаграмме; дросселирование (мятие) газов и паров; эффективность преобразования энергии; функции работоспособности; эксергия; эксергетические диаграммы; эксергетические потери и эксергетический КПД; эксергетический анализ термодинамических процессов.</i>	Лекция	8	Традиционная	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Измерение физических величин:	Лабораторная	1	Интерактивная	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоёмкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>принципы и приборы для измерения термодинамических величин</i>	работа		(эксперимент)		Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Определение показателя адиабаты: <i>изучение адиабатного процесса</i>	Лабораторная работа	2	Интерактивная (эксперимент)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Изохорное нагревание воды и водяного пара: <i>изучение свойств водяного пара на линии насыщения</i>	Лабораторная работа	4	Интерактивная (эксперимент)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Исследование процессов во влажном воздухе: <i>определение параметров влажного воздуха</i>	Лабораторная работа	4	Интерактивная (эксперимент)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Исследование процессов адиабатного истечения воздуха через суживающееся сопло: <i>изучение особенностей процесса истечения</i>	Лабораторная работа	4	Интерактивная (эксперимент)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Определение изобарной теплоемкости воздуха: <i>изучение способа определения удельной массовой теплоемкости</i>	Лабораторная работа	2	Интерактивная (эксперимент)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Термодинамическая система, её состояние и характеристики: <i>основные параметры состояния, внесистемные единицы измерения</i>	Практическое занятие	2	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Законы идеальных газов: <i>законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля; уравнение состояния</i>	Практическое занятие	2	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Газовые смеси: <i>Определение параметров смеси</i>	Практическое занятие	4	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Теплоемкость идеального газа и газовых смесей: <i>удельные массовая, объемная и</i>	Практическое занятие	2	Интерактивная (совместное	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>мольная теплоемкости; изохорная и изобарная теплоемкости; средняя и истинная теплоемкости.</i>			решение задач)		
<b>Тема</b> Термодинамические процессы: <i>определение энергетических параметров процесса, параметров начального и конечного состояний.</i>	Практическое занятие	6	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Круговые процессы или циклы, цикл Карно: <i>определение работы, теплоты и КПД цикла, расчет всего цикла.</i>	Практическое занятие	6	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Водяной пар: <i>определение параметров водяного пара с помощью таблиц и диаграмм, построение процессов в диаграмме.</i>	Практическое занятие	8	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Тема</b> Течение газов и паров: <i>определение параметров рабочего тела при истечении, скорости и расхода.</i>	Практическое занятие	4	Интерактивная (совместное решение задач)	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
Самостоятельная работа обучающихся	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов)	49	Чтение основной и дополнительной литературы	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практи-	17	Промо-смотр теоретических материалов по теме пред-	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-ем-кость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	ческим занятиям)		стоящего занятия		
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к лабораторным занятиям)	17	Подготовка отчетов по лабораторным работам и к их защите	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение РГР)	20	Выполнение РГР, его оформление и подготовка к защите	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	11	Выполнение контрольной работы, ее оформление и подготовка к защите	ОПК-2	У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине в 4 семестре</b>		-	Зачет с оценкой	ОПК-2	3-4 (ОПК-2-4) У-4 (ОПК-2-4) Н-4 (ОПК-2-4)
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	51	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Самостоятельная работа обучающихся	114	-	-	-
	Промежуточная аттестация	-	-	-	-
<b>Раздел 2 Термодинамика циклов теплоэнергетических установок</b>					
<b>Тема</b> Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС): <i>двигатели внутреннего сгорания, принцип работы, основные понятия и определения; цикл ДВС с подводом тепла при постоянном объеме; цикл ДВС с подводом тепла при постоянном давлении; цикл ДВС со смешанным подводом теплоты; сравнение циклов ДВС.</i>	Лекция	8	Традиционная	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)
<b>Тема</b> Циклы паротурбинных установок (ПТУ): <i>общее понятие о конденсационных и теплофикационных ПТУ; идеальный цикл ПТУ (цикл Ренкина), термический КПД цикла, относительный внутренний КПД; пути повышения эффективности циклов ПТУ; влияние начальных и конечных параметров пара на экономичность ПТУ; схема и цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара, термический КПД цикла, влияние давления и температуры промежуточного перегрева на термический КПД цикла; термодинамическая эффективность регенерации, степень регенерации, предельная и оптимальная температуры регенерации; схема и цикл ПТУ с регенерацией, оптимальное число отборов пара; тепловой и энергетический балансы ПТУ; основы теплофикации; теплофика-</i>	Лекция	12	Традиционная	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоёмкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>ционный цикл и три типа установок: с противодавлением, с ухудшенным вакуумом, с регулируемыми отборами пара.</i>					
<p><b>Тема</b> Машины для сжатия и расширения газа: <i>компрессор, основные процессы в одноступенчатом поршневом компрессоре; индикаторная диаграмма реального компрессора, влияние вредного пространства на величину конечного давления; многоступенчатое сжатие; цикл поршневого компрессора с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением воздуха; детандеры; основные процессы в детандере, работа и мощность детандера.</i></p>	Лекция	6	Традиционная	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)
<p><b>Тема</b> Циклы газотурбинных установок (ГТУ): <i>газотурбинные установки открытого и закрытого типов, их сравнительная оценка и схемы; идеальный цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении (<math>p = const</math>); реальный цикл ГТУ, внутренний КПД реального цикла, оптимальная степень повышения давления; цикл ГТУ с изобарным подводом тепла и регенерацией; идеальный цикл ГТУ с изобарным подводом тепла и регенерацией; идеальный цикл ГТУ с изохорным (<math>v = const</math>) подводом тепла; схема и цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием, термический КПД цикла, оптимальное отношение давлений по ступеням; цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и регенерацией; схема и цикл ГТУ с многоступенчатым подводом тепла и регенерацией, термодинамически наиболее выгодное и оптимальное давление вторичного</i></p>	Лекция	10	Традиционная	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоёмкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>подвода тепла, оптимальная степень расширения в ступенях турбины. Схема и цикл с многоступенчатым подводом тепла. Сравнение циклов ГТУ без регенерации. Сравнение циклов ГТУ при полной регенерации.</i>					
<p><b>Тема</b> Комбинированные циклы теплоэнергетических установок: общие принципы комбинирования циклов; бинарные частично-бинарные и составные циклы; комбинированные парогазовые циклы: со смешением рабочих тел Хольцварта-Шюле; с высоконапорным парогенератором; со сбросом газов в топку котла; с подогревом питательной воды уходящими газами ГТ с ДВС и утилизационной ПГУ; высокотемпературные с охлаждением газовой турбиной; термодинамическая оптимизация циклов парогазовых установок (ПГУ); идеальный цикл ПГУ и пути его реализации; теоретический цикл ПГУ с многократным подводом тепла в газовой и паровой частях.</p>	Лекция	8	Традиционная	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)
<p><b>Тема</b> Циклы холодильных установок и тепловых насосов: общие принципы трансформации тепла, холодильные машины и тепловые насосы; обратный цикл Карно для холодильной установки, холодильный коэффициент; обратный цикл Карно для теплового насоса, тепловой коэффициент, схема теплового насоса; схема и цикл воздушной компрессорной холодильной установки; схема и цикл идеальной паровой компрессорной холодильной установки; схема и цикл паровой компрессорной холодильной установки с дросселем</p>	Лекция	7	Традиционная	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<i>вместо детандера; паровые компрессорные тепловые насосы, схема отопительной теплонасосной установки; схема и принцип действия абсорбционной холодильной установки; схема и принцип действия абсорбционного теплового насоса.</i>					
<b>Тема</b> Циклы двигателей внутреннего сгорания: <i>циклы Отто, Дизеля и Тринклера.</i>	Практическое занятие	10	Традиционная	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
<b>Тема</b> Циклы паротурбинных установок: <i>цикл Ренкина идеальный и реальный, влияние начальных и конечных параметров пара на КПД, регенерация, промперегрев.</i>	Практическое занятие	12	Традиционная	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
<b>Тема</b> Машины для сжатия газа: <i>сжатие в одно- и многоступенчатом компрессоре, работа и мощность компрессора.</i>	Практическое занятие	10	Традиционная	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
<b>Тема</b> Циклы газотурбинных установок: <i>циклы Брайтона и Гемфри, определение работы, мощности и КПД установки.</i>	Практическое занятие	10	Традиционная	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
<b>Тема</b> Циклы холодильных установок: <i>определение работы и холодильного коэффициента установки.</i>	Практическое занятие	9	Традиционная	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
Самостоятельная работа обучающихся	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов)	13	Чтение основной и дополнительной литературы	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)
	Самостоятельная	34	Промсмотр теорети-	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	работа обучающихся (подготовка к практическим занятиям)		чeskих материалов по теме предстоящего занятия		
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение РГР)	20	Выполнение РГР, его оформление и подготовка к защите	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	11	Выполнение контрольной работы, ее оформление и подготовка к защите	ОПК-2	У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине в 5 семестре</b>		36	экзамен	ОПК-2	3-3 (ОПК-2-5) У-3 (ОПК-2-5) Н-3 (ОПК-2-5)
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	51	-	-	-
	Практические занятия	51	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	78	-	-	-
	Промежуточная аттестация	36	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	стация				
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	102	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Практические занятия	85	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	192	-	-	-
	Промежуточная аттестация	36	-	-	-
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 432 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 51 час					

### **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Техническая термодинамика», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка к лабораторным занятиям; подготовка и оформление расчётно-графической работы; подготовка и оформление контрольной работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Расчет газового цикла. Методические указания к расчетно-графическому заданию / Сост. В.В. Смирнов, А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 12 с.

2. Тестовые вопросы для программированного контроля / Сост. В.В. Смирнов, Г.Д. Шекун. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006. – 20 с.

3. Циклы тепловых машин: вопросы для программированного контроля / Сост. В.В. Смирнов, А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 24 с.

4. Методическая разработка для программированного контроля / Сост. Н.Г. Родионов, А.В. Смирнов, Г.Д. Шекун. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006. – 17 с.

5. Определение показателя адиабаты. Методические указания к лабораторной работе / Сост. В.С. Виноградов. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 1996. – 7 с.

6. Изохорное нагревание воды и водяного пара. Методические указания к лабораторной работе / Сост. В.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 1996. – 12 с.

7. Исследование процессов во влажном воздухе. Методические указания к лабораторной работе / Сост. В.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 1996. – 12 с.

8. Определение изобарной теплоемкости воздуха. Методические указания к лабораторной работе / Сост. В.И. Шаломов, А.Я. Звиняцкий, А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 8 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблицах 4 и 5.

#### *Общие рекомендации по организации самостоятельной работы*

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Правила оформления студенческих текстовых в РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления» ([https://knastu.ru/media/files/page\\_files/page\\_425/omk/rd/RD\\_013-2016\\_izm.1.pdf](https://knastu.ru/media/files/page_files/page_425/omk/rd/RD_013-2016_izm.1.pdf))

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3-4 часа в неделю. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (построение графиков и т.п.).

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Таблица 4 –Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 4 семестре

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Подготовка к практическим занятиям	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Подготовка к лабораторным занятиям		2		2		2		2		2		2		2		2	1	17
Изучение теоретических разделов дисциплины	3	1	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	3	49
Подготовка, оформление и защита РГР								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
Подготовка, оформление и защита контрольной работы		1	2	2	2	2	2											11
<b>ИТОГО в 4 семестре</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>114</b>														

Таблица 5 –Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 5 семестре

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Подготовка к практическим занятиям	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
Изучение теоретических разделов дисциплины	3		2		2		2		2		2							13
Подготовка, оформление и защита РГР								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
Подготовка, оформление и защита контрольной работы		1	2	2	2	2	2											11
<b>ИТОГО в 5 семестре</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>78</b>									

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 6 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Общая техническая термодинамика	ОПК-2	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	ОПК-2	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина, прочность, систематичность знаний;</li> <li>- адекватность применяемых знаний ситуации;</li> <li>- рациональность используемых подходов;</li> <li>- степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств;</li> <li>- степень значимости определенных ценностей;</li> <li>- проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям;</li> <li>- умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.</li> </ul>
	ОПК-2	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	ОПК-2	Лабораторные работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие отчета предъявляемым требованиям;</li> <li>- правильность и аккуратность написания отчета;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных;</li> <li>- степень точности ответов на контрольные вопросы;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей.</li> </ul>

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
	ОПК-2	Расчетно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым ответам;</li> <li>- правильное использование алгоритма выполнения решения;</li> <li>- логика рассуждений;</li> <li>- неординарность подхода к решению задач.</li> </ul>
	ОПК-2	Контрольная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым ответам;</li> <li>- правильное использование алгоритма выполнения решения;</li> <li>- логика рассуждений;</li> <li>- неординарность подхода к решению задач.</li> </ul>
Термодинамика циклов теплоэнергетических установок	ОПК-2	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	ОПК-2	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина, прочность, систематичность знаний;</li> <li>- адекватность применяемых знаний ситуации;</li> <li>- рациональность используемых подходов;</li> <li>- степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств;</li> <li>- степень значимости определенных ценностей;</li> <li>- проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям;</li> <li>- умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.</li> </ul>
	ОПК-2	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	ОПК-2	Расчетно-графическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым</li> </ul>

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
		работа	мым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.
	ОПК-2	Контрольная работа	- соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.
Все темы	ОПК-2	Вопросы экзамена	- глубина знаний теоретических вопросов билета; - глубина знаний дополнительных вопросов; - логика рассуждений.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой и экзамена.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 7).

Таблица 7 – Технологическая карта

4 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой</i>				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 12 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 24 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 18 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов -при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется

				<p>в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</p> <p>20 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</p> <p>0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
4	Отчеты по лабораторным работам	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов - студент правильно сделал отчет. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.</p> <p>30 баллов - студент сделал отчет с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.</p> <p>20 баллов - Студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.</p> <p>При выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
5	Расчетно-графическая работа	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные</p>

				результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень. 0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.
6	Контрольная работа	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы. 20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень. 0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.
ИТОГО:		-	220 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для текущей аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

5 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 12 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 24 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.

				<p>18 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов - при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</p>
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</p> <p>20 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</p> <p>0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
4	Расчетно-графическая работа	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
5	Контрольная работа	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>20 баллов - студент полностью выполнил</p>

				задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень. 0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат..
6	Экзамен	На экзаменационной сессии	50 баллов	50 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 40 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. 25 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
ИТОГО:		-	230 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для текущей аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

### Задания для текущего контроля

#### Вопросы для собеседования

1. Предмет технической термодинамики.
2. Основные понятия и определения.
3. Термические параметры состояния ( $p$ ,  $v$ ,  $T$ ).
4. Энергетические характеристики термодинамических систем: энергия, внутренняя энергия, работа, теплота, энтальпия, теплоемкость, энтропия.
5. Идеальные газы, их особенности и значение в технической термодинамике.
6. Уравнение состояния идеальных газов в форме Клапейрона и Менделеева.
7. Газовая постоянная и универсальная газовая постоянная, физический смысл газовой постоянной.
8. Эквивалентность теплоты и работы.
9. Первый закон термодинамики.
10. Диаграмма  $p$ - $v$ . Графическое изображение работы.
11. Круговые процессы или циклы. Понятие о прямых и обратных циклах.
12. Энтальпия.

13. Общий порядок исследования термодинамических процессов.
14. Основные термодинамические процессы с идеальным газом в диаграмме  $p-v$  (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный).
15. Политропные процессы. Исследование политропных процессов.
16. Теплоемкость идеального газа. Виды теплоемкостей. Связь между удельной массовой, объемной и мольной теплоемкостями.
17. Теплоемкость газов – изохорная и изобарная. Формула Майера.
18. Теплоемкость как функция температуры.
19. Газовые смеси. Основные расчетные формулы газовых смесей.
20. Теплоемкость газовых смесей, заданных объемными и массовыми долями.
21. Второй закон термодинамики. Основные формулировки.
22. Понятие о термодинамическом цикле тепловых машин. Термический КПД цикла.
23. Идеальный цикл Карно. Термический КПД цикла Карно.
24. Энтропия физических тел. Основные свойства энтропии.
25. Определение изменения энтропии в термодинамических процессах.
26. Необратимые циклы и процессы.
27. Закон возрастания энтропии. Оценка потери работоспособности системы.
28. Тепловая диаграмма. Основные свойства диаграммы  $T-s$ .
29. Основные термодинамические процессы с идеальным газом в тепловой диаграмме.
30. Цикл Карно в диаграмме  $T-s$ .
31. Обобщенный цикл Карно.
32. Реальные газы. Качественные особенности реальных газов.
33. Уравнение состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
34. Водяной пар. Основные понятия и определения.
35. Процесс парообразования. Диаграмма  $p-v$  для водяного пара.
36. Теплота, энтальпия и энтропия жидкости.
37. Теплота парообразования. Энтальпия и энтропия насыщенного пара. Диаграмма  $T-s$  для воды и водяного пара.
38. Перегретый пар. Энтальпия и энтропия перегретого пара.
39. Диаграмма  $i-s$  для воды и водяного пара.
40. Основные термодинамические процессы с водяным паром в диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$ ,  $i-s$ .
41. Влажный воздух. Основные характеристики влажного воздуха.
42. Диаграмма  $i-d$  влажного воздуха.
43. Истечение газов и паров. Основные допущения при термодинамическом исследовании потока газа или пара. Уравнение неразрывности струи. Уравнение первого закона термодинамики для потока газа.
44. Сопла и диффузоры.
45. Адиабатное истечение без потерь через суживающие сопла. Скорость и расход газа. Критическая скорость и максимальный расход газов. Условия их достижения при истечении в каналах.
46. Зависимость профиля канала от скорости при адиабатном истечении. Сопло Лавалья.
47. Определение скорости истечения водяного пара по  $i-s$  диаграмме.
48. Истечение с учетом сопротивлений, действительная скорость истечения.
49. Тепловой процесс в сопле Лавалья, его изображение в  $i-s$  диаграмме. Уравнения для определения теоретической и действительной скоростей истечения.
50. Определение площади минимального и выходного сечения, длины сопла Лавалья.
51. Дросселирование газов и паров.
52. Дросселирование или мятие водяного пара.

## Пример заданий для контрольной работы

Контрольная работа проводится по темам, рассматриваемым на практических занятиях. В контрольное задание входят две задачи. Ниже приведены одни из вариантов контрольных заданий для 4 и 5 семестра.

*4 семестр:*

**Задача 1.** В резервуаре емкостью  $10 \text{ м}^3$  под давлением  $1,6 \text{ бар}$  находится газовая смесь, состоящая из  $8 \text{ кг}$  азота,  $6 \text{ кг}$  кислорода и некоторого количества углекислоты; температура смеси  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить количество углекислоты, парциальные давления компонентов, объемный состав смеси, средний молекулярный вес и газовую постоянную.

**Задача 2.** Воздух в компрессоре сжимается по политропе  $n=1,25$  от  $1$  до  $8 \text{ ат}$ ; начальная температура воздуха  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . После сжатия воздух проходит через холодильник, охлаждаемый холодной водой с  $t_1=10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить часовой расход циркуляционной воды в холодильнике, если она нагревается до  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Производительность компрессора  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при нормальных физических условиях, а воздух охлаждается до  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  при постоянном давлении в холодильнике.

*5 семестр:*

**Задача 1.** В паросиловом цикле Ренкина пар перед турбиной имеет параметры  $p_1=3,5 \text{ МПа}$  и  $t_1=435 \text{ }^\circ\text{C}$ , давление в конденсаторе  $p_2=0,004 \text{ МПа}$ . Определить термический КПД цикла, сравнить его с КПД цикла Карно, а также определить абсолютный внутренний КПД паровой турбины, если внутренний относительный КПД  $\eta_{oi}=0,82$ . Представить цикл в  $T-s$  диаграмме и тепловой процесс в турбине в  $i-s$  диаграмме.

**Задача 2.** Определить термический КПД идеального цикла ГТУ, работающей с подводом теплоты при  $p=\text{const}$ , а также термический КПД действительного цикла, то есть с учетом необратимости процессов расширения и сжатия в турбине и компрессоре, если внутренние относительные КПД турбины и компрессора  $\eta_{oiT}=0,88$  и  $\eta_{oiK}=0,85$ . Для этой установки известно, что  $t_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень повышения давления в компрессоре  $\beta=6$ ; температура газа перед турбиной  $t_3=900 \text{ }^\circ\text{C}$ . Рабочее тело – воздух, теплоемкость его постоянна, показатель адиабаты  $k=1,4$ . Представить циклы в  $T-s$  диаграмме.

## Пример заданий на РГР

*4 семестр*

### Тема: расчет газового цикла

**Условия задания.** Сухой воздух массой  $1 \text{ кг}$  совершает прямой термодинамический цикл, состоящий из четырех последовательных термодинамических процессов.

**Требуется:**

1) рассчитать давление  $p$ , удельный объем  $v$ , температуру  $T$  воздуха для основных точек цикла;

2) для каждого из процессов определить значения показателей политропы  $n$ , теплоемкости  $c$ , вычислить изменение внутренней энергии  $\Delta u$ , энтальпии  $\Delta i$ , энтропии  $\Delta s$ , теплоту процесса  $q$ , работу процесса  $\ell$ , располагаемую работу  $\ell_0$ ;

3) определить суммарные количества теплоты подведенной  $q_1$  и отведенной  $q_2$ , работу цикла  $\ell_{\text{ц}}$ , располагаемую работу цикла  $\ell_{0\text{ц}}$ , термический к.п.д. цикла  $\eta_t$ , среднее индикаторное давление  $p_i$ ;

4) построить цикл в координатах:

а)  $\lg p - \lg v$ ;

б)  $p - v$ , используя предыдущее построение для нахождения координат трех-четырех промежуточных точек на каждом из процессов;

в)  $T - s$ , нанеся основные точки цикла и составляющие его процессы;

5) используя  $p-v$  и  $T-s$  -диаграммы, графически определить величины, указанные в п. 2 и 3, и сопоставить результаты графического и аналитического расчетов;

6) для одного из процессов цикла привести схему его графического расчета по  $T-s$  - диаграмме, изобразив на схеме линию процесса, вспомогательные линии изохорного и изобарного процессов, значения температур в начале и в конце процесса, отрезки, соответствующие изменению энтропии в основном и вспомогательных процессах, площади, соответствующие теплоте процесса, изменению внутренней энергии и энтальпии, и указать числовые значения величин, взяв их с  $T-s$  -диаграммы.

**Методические указания.** При расчетах считать воздух идеальным газом, а его свойства не зависящими от температуры.

Принять газовую постоянную равной  $287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , теплоемкость при постоянном давлении равной  $1.025 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , что соответствует свойствам сухого воздуха при  $473 \text{ К}$ .

Результаты расчета представить в виде таблиц, указав в числителе значения, полученные аналитически, а в знаменателе — графически.

### Исходные данные

Заданы следующие параметры, принадлежащие основным точкам цикла:

- 1)  $p_1 = 0.8 \text{ МПа}$
- 2)  $v_1 = 0.12 \text{ м}^3/\text{кг}$
- 3)  $p_2 = 2.0 \text{ МПа}$
- 4)  $p_3 = 1.2 \text{ МПа}$

Виды процессов:

1-2 :  $s = \text{const}$

2-3 :  $T = \text{const}$

3-4 :  $s = \text{const}$

4-1 :  $v = \text{const}$

### 5 семестр

#### Тема: расчет циклов тепловых машин

**Задание 1.** Для идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме определить параметры ( $p$ ,  $v$ ,  $T$ ) в характерных точках, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД, а также полезную работу в цикле, если  $1 \text{ кг}$  воздуха в начале адиабатного сжатия имеет следующие параметры:  $p_1=0,1 \text{ МПа}$  и  $t_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень сжатия  $\varepsilon=7$ , степень повышения давления  $\lambda=1,7$ . Изобразить цикл в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

**Задание 2.** Поршневой компрессор всасывает  $325 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при  $p_1=1 \text{ бар}$  и  $t_1=21 \text{ }^\circ\text{C}$  и сжимает его до  $6 \text{ бар}$ . Какое количество воды нужно пропускать через рубашку компрессора в час, если сжатие происходит политропно с показателем  $n=1,2$  и температура воды повышается на  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Изобразить цикл компрессора в диаграмме  $p-v$ .

**Задание 3.** Паросиловые установки работают по циклу Ренкина при одинаковых начальных и конечных давлениях  $p_1=3 \text{ МПа}$  и  $p_2=5 \text{ кПа}$  соответственно. Сравнить термические КПД идеальных циклов, если в одном случае рабочее тело – влажный пар со степенью сухости  $x_1=0,85$ , в другом – сухой насыщенный пар и в третьем – перегретый пар с температурой  $t_1=380 \text{ }^\circ\text{C}$ . Изобразить тепловые процессы идеальных циклов в  $i-s$  диаграмме.

**Задание 4.** Для идеального цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при  $p=\text{const}$  определить основные параметры ( $p$ ,  $v$ ,  $T$ ) в характерных точках, термический КПД, полезную работу, а также количество подведенной и отведенной теплоты, если температура и давление рабочего тела (воздуха) в начале адиабатного сжатия равны  $t_1=40 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $p_1=0,085 \text{ МПа}$ , а температура рабочего тела в конце расширения  $t_2=180 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень повышения давления  $\beta=4$ , степень предварительного расширения  $\rho=2,1$ . Представить цикл в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

**Методические указания.**

Для ДВС и ГТУ считать рабочим телом воздух с характеристиками:  $R=287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ,  $c_v=0,717 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ,  $c_p=1,004 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ,  $k=1,4$ .

Для ГТУ расчет цикла начинать с изображения качественного графика в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

Для расчета цикла ПТУ следует использовать диаграмму  $i-s$ . При определении термического КПД цикла Ренкина иметь в виду, что  $i'_2 = c_b \cdot t_k$ , где  $c_b = 4,19$  кДж/(кг·К).

### Задания для промежуточной аттестации

#### Контрольные вопросы к экзамену

##### 5 семестр

1. Идеальные циклы. Цикл Карно. Термический КПД цикла. Обобщенный цикл Карно.
2. Идеальные циклы ДВС (Отто, Дизеля, Тринклера), основные параметры и характеристики цикла, термический КПД.
3. Сравнение идеальных циклов ДВС в диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$ .
4. Расчетные циклы ДВС.
5. Рабочие циклы ДВС. Индикаторные диаграммы четырехтактных и двухтактных ДВС без наддува и с наддувом.
6. Термодинамический цикл ДВС с изобарной турбиной.
7. Термодинамический цикл ДВС с «импульсной» турбиной.
8. Общее понятие о конденсационных и теплофикационных ПТУ.
9. Идеальный цикл ПТУ (цикл Ренкина), схема простейшей ПТУ. Термический КПД цикла.
10. Реальный цикл ПТУ. Внутренний КПД цикла. Относительный внутренний КПД.
11. Пути повышения эффективности циклов ПТУ.
12. Влияние начальных и конечных параметров пара на экономичность ПТУ.
13. Цикл и схема ПТУ с промежуточным перегревом пара. Термический КПД цикла.
14. Влияние давления и температуры промперегрева на термический КПД цикла.
15. Термодинамическая эффективность регенерации. Степень регенерации.
16. Предельная и оптимальная температуры регенерации.
17. Схема и цикл регенеративной ПТУ. КПД цикла. Оптимальное число отборов пара. Эффективность подогревателей питательной воды низкого, среднего и высокого давлений.
18. Основы теплофикации. Теплофикационный цикл и три типа установок: с противодействием, с ухудшенным вакуумом, с регулируемым отбором пара.
19. Схемы и принцип действия ГТУ открытого и закрытого типов, их сравнительный анализ.
20. Схемы и принципы работы ГТУ открытого типа с подводом теплоты при постоянном давлении и постоянном объеме.
21. Идеальный цикл ГТУ с подводом теплоты при  $p = \text{const}$ , характеристики цикла, термический КПД.
22. Реальный цикл ГТУ. Внутренний КПД реального цикла. Оптимальная степень повышения давления.
23. Схема и цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты и регенерацией. Термический КПД цикла. Степень регенерации.
24. Изотермический цикл ГТУ с регенерацией. Реальные пути приближения к изотермическому циклу.
25. Схема и цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Характеристики цикла. Термический КПД.
26. Схема и цикл ГТУ постоянного горения с многоступенчатым сжатием, промежуточным охлаждением воздуха и регенерацией. Термический КПД цикла. Оптимальное отношение давлений в каждой ступени.
27. Схема и цикл ГТУ постоянного горения с многоступенчатым подводом теплоты и регенерацией. Термический КПД цикла. Термодинамически наивыгоднейшее и опти-

- мальное давление вторичного подвода теплоты. Оптимальная степень расширения в ступенях расширения турбины.
28. Схема и цикл ГТУ постоянного горения с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением воздуха, с многоступенчатым подводом теплоты и регенерацией. Термический КПД цикла.
  29. Сравнение циклов ГТУ без регенерации.
  30. Сравнение циклов ГТУ при полной регенерации.
  31. Сжатие газов. Устройства для сжатия газов (компрессоры, воздуходувки, вентиляторы).
  32. Идеальный цикл одноцилиндрового поршневого компрессора. характеристики цикла. Зависимость работы компрессора от характера термодинамического процесса.
  33. Многоступенчатое сжатие. Цикл поршневого компрессора с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением газа.
  34. Комбинированные циклы теплоэнергетических установок. Цель комбинирования.
  35. Общие принципы комбинирования циклов. Бинарные, частично бинарные и составные циклы. Бинарный цикл и схема комбинированной установки с верхней надстройкой. Составной цикл и схема составной установки.
  36. Комбинированные парогазовые циклы. Схема и цикл парогазовой установки со смешением рабочих тел.
  37. Схема и цикл парогазовой установки (ПГУ) Хольцварта-Шюле.
  38. Схема и цикл ПГУ с высоконапорным парогенератором.
  39. Схема и цикл ПГУ со сбросом газов в топку парового котла.
  40. Схема и цикл ПГУ с подогревом питательной воды уходящими газами газовой турбины.
  41. Схема и цикл ПГУ с ДВС и утилизационной ПТУ.
  42. Схема и цикл высокотемпературной ПГУ с охлаждаемой газовой турбиной.
  43. Термодинамическая оптимизация циклов ПГУ: идеальный цикл ПГУ и пути его реализации. Теоретический цикл ПГУ с многократным подводом теплоты в газовой и паровой частях.
  44. Общие принципы трансформации теплоты. Холодильные машины и тепловые насосы.
  45. Обратный цикл Карно для холодильной установки. Холодильный коэффициент.
  46. Обратный цикл Карно для теплового насоса. Тепловой коэффициент схема теплового насоса.
  47. Схема и цикл воздушной компрессорной холодильной установки. теоретический холодильный коэффициент цикла  $K_{х1}$  и его соотношение с холодильным коэффициентом  $K_{хк}$  цикла Карно. Зависимость необратимости цикла от ширины цикла.
  48. Цикл и схема идеальной паровой компрессорной холодильной установки. Причины практической нецелесообразности этого цикла.
  49. Схема и цикл паровой компрессорной холодильной установки с дросселем вместо детандера. Холодильный и тепловой коэффициенты.
  50. Паровые компрессорные тепловые насосы. Схема отопительной теплонасосной установки.
  51. Схема и принцип действия абсорбционной холодильной установки. коэффициент преобразования энергии.
  52. Схема и принцип действия абсорбционного теплового насоса.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Космынин А.В., Виноградов В.С. Теплотехника. Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 114 с.

2. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах / В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006.– 333 с.
3. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача.– М.: Высшая школа, 1988.– 479 с.
4. Теплотехника. Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. В.И.Крутова.– М.: Машиностроение, 1986.– 432 с.
5. Ларионов Н.Н. Теплотехника. Учебник для вузов.– М.: Стройиздат, 1985.– 432 с.

## **8.2 Дополнительная литература**

1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача.- М.: Высшая школа, 1991.– 480 с.
2. Теплотехника: Учебник для вузов / Под общ. ред. А.П. Баскакова.– М.: Энергоиздат, 1982.– 263 с.
3. Зубарев В.Н. и др. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие для вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 304 с.
4. Андрющенко А.И. Основы технической термодинамики реальных процессов.- М.: Высшая школа, 1967.
5. Вукалович М.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара.- М.: Энергия, 1980.- 424 с.
6. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие для вузов.– М.: Высшая школа, 1980.
7. Андрющенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок.- М.: Высшая школа, 1968.
8. Болгарский А.В. и др. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче.- М.: Высшая школа, 1972.

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<https://knastu.ru/page/538>, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>, <http://znanium.com>.

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

При изучении дисциплины предусмотрены все виды учебных занятий (лекции, практические и лабораторные занятия) и самостоятельные виды работ.

На лекциях необходимо составлять конспект, а предварительно повторить предыдущие темы.

На практических занятиях необходимо использовать лекционные записи, справочные материалы.

На лабораторных занятиях необходимо тщательно готовиться к проведению работы, а также своевременно и внимательно обрабатывать результаты эксперимента.

При выполнении контрольных и расчетно-графических работ необходимо использовать лекционные материалы, справочники. Особенно важно посещать консультации преподавателя, где рассматриваются проблемные вопросы.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе изучения дисциплины могут использоваться следующие программные продукты: Microsoft Office (для оформления лабораторных и самостоятельных видов работ), SMath (для проведения расчетов).

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://knastu.ru/students>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

### **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины «Техническая термодинамика» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 8.

Таблица 8 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
	Учебный кабинет	Проектор	Представление лекционного материала
128/2	Лаборатория теплотехники	Лабораторные стенды	Проведение лабораторных работ
131/2	Лаборатория тепловых энергетических установок	Лабораторные стенды	Проведение лабораторных работ

